

‘SID 2005’ 를 통해 본 OLED 기술 및 산업동향

미국 정보디스플레이학회가 주관하는 SID(Society for Information Display)는 매년 200여개의 디스플레이 기업이 참가하고 1000여편 이상의 논문이 발표되는 세계적인 디스플레이 전문 심포지엄 및 전시회다. 올해는 LCD 및 OLED 업체들의 참여가 저조한 가운데, 삼성전자의 40인치 OLED 제품이 관심의 초점이 되었다. 비록 대만, 일본 업체들의 대거 불참으로 다소 맥 빠진 듯한 느낌은 있었지만, 세계 정보 디스플레이 기술의 현주소를 파악하는 데는 손색이 없었다는 평가다.

글: 이주원, 주병권 교수/경희대 물리과, 고려대 전기공학과

세계 최대 규모의 디스플레이 관련 심포지엄 및 전시회 행사인 ‘SID 2005’가 5월 27일(현지시각) 미국 보스턴 하인즈 컨벤션 센터에서 약 1주일간의 일정을 마치고 폐막됐다. LCD, PDP, 유기발광다이오드(OLED) 등 모든 분야가 공급 과잉으로 어려움을 겪고 있는 가운데 개최된 이번 행사에서

는 위기극복을 위한 디스플레이 업계의 노력과 향후 비전이 제시돼 관심을 집중시켰다.

특히, 가장 큰 관심을 받은 제품은 삼성전자의 40인치 능동형 OLED 이었는데, 이 제품은 OLED의 대형화 가능성을 제시했다는 점에서 OLED는 물론 LCD기업들의 관심을 끌었다. LCD TV 시장을 겨냥해 성능을 크게 개선한 LCD 패널 제품들도 속속 선보였다. 삼성전자, LG필립스LCD 등은 LED 백라이트와 고색재현 냉음극형광램프(CCFL)를 채택, 40인치대부터 17인치에 이르는 다양한 제품을 선보였다.

유기 EL(Organic Light Emitting Diode)이란?

유기 EL은 유기물(단분자/저분자 또는 고분자) 박막에 양극과 음극을 통하여 주입된 전자와 정공이 재결합(Recombination)하여 여기자(Excitation)를 형성하고, 형성된 여기자로부터의 에



너지에 의해 특정한 파장의 빛이 발생하는 현상을 이용한 자체 발광형 디스플레이 소자이다.

유기 EL 구동원리

- 양극에서 정공이 정공주입층(HIL, Hole Injection Layer)으로 주입되고, 음극에서는 전자가 전

- 자주입층(EIL, Electron Injection Layer)으로 주입된 후
- 정공은 정공수송층(HTL, Hole Transfer Layer)을 통과하고, 전자는 전자수송층(ETL, Electron Transfer Layer)을 통과하여
- 전자와 정공이 발광층(EML, Emitting Layer)으로 이동, 결합하여 여기자를 형성하고
- 이 여기자의 이동 확산에 따라 여기자에서 발광함.

유기 EL 발광 메커니즘

- Carrier 주입단계: 낮은 일함수를 갖는 금속에서 주입된 전자와 높은 일함수를 갖는 전극에서 주입된 hole들이 무기물 반도체에서와 마찬가지로 전자는 conduction band(고분자의 경우 LUMO: lowest unoccupied molecular orbital)로, hole은 valence band(HOMO: highest occupied molecular orbital)로 주입된다. 발광층 내에 주입된

테크밸리가 만들어 가는 X-Ray 新세계

보이지 않는 미지의 세계에서 무한한 가능성을 개척해 온 - 테크밸리
테크밸리의 발자취는 대한민국 X-Ray기술의 역사입니다



흥내낼 수는 있습니다. 그러나 똑같은 수는 없습니다

겉모양은 흥내낼 수 있습니다

그러나 테크밸리(주)의 오랜 세월 축적된 기술력까지 모방할 수는 없습니다.
국내외에서 확실히 인정받은 앞서가는 기술력!

테크밸리(주)의 하루하루는 우리나라 X-Ray기술의 새로운 역사가 됩니다.
X-Ray장비의 모든 것!

대한민국 최고의 엑스레이 전문기업 테크밸리(주)와 의논해 보십시오.
가장 경제적이고 효율적인 해결책을 마련해 드립니다.



TVX-IM2000

BGA Bridge, Missing, Misalignment, Excess / Lack of Solder, Solder Ball, Deformity와 같이 솔더볼의 외형을 통해 알 수 있는 모든 불량률 검출해 낼 수 있는 현장형 장비로 100% 테크밸리기술로 만든 테크밸리의 강력추천 모델입니다.

납품처: 케이에스텍, 에스엘전자 등 다수

TVX-IP805

국내 최초로 자동 홀핀심측정기능을 장착한 최고의 성능과 철저한 사후 관리 서비스로 국내 PCB Drilling 업체에서 호평을 받으며 2003, 2004년 연속 국내 판매 1위를 지키고 있는 테크밸리의 베스트 셀러 모델입니다.

납품처: 삼성전기, 삼화양행, 거양 등 다수



TVX-IM8000

BGA Void까지 검사할 수 있는 초저가 장비로 자유로운 검사면적 조절을 통해 효율적인 작업이 가능합니다. 또한 자동 검사 기능의 지원으로 대량 검사 가능하여 전수검사가 필요한 중소기업에서 선호하는 모델입니다.

납품처: 테크노전자, 밀레트론, 세영정보통신 등 다수

TVX-IP805Dx

TVX-IP805의 상위모델로서 PCB 기판의 초고다층화와 미세홀 추세를 겨냥한 개방형 마이크로포커스 장비로 자동 홀핀심측정기능 외에 레이저홀까지 검사 가능한, 외국 바이어의 개발주문에 의해 만들어진 수출용 모델입니다.

납품처: 엘티켄, 히다씨(이상 대만) 등 다수



TVX-RP2000

30배에 달하는 확대배율을 통해 소형 휴대폰 기판의 부품검사에 적합하며 화질이 선명하여 작업자의 빠른 불량 판별과 개방형 장비의 특징을 살린 대량 검사에 적합한 모델입니다. 누구라도 쉽게 다룰 수 있는 간편한 조작법으로 관리가 용이합니다.

납품처: 에텍, 이디티, 아만코(대만) 등 다수



테크밸리에서는 각 분야별
특수성에 맞춘 다양한 주문형 모델을 보유하고 있습니다



TVX-IM9000Dx

대형 SMT 실장기판의 부품을 검사하는데 적합한 장비로 검사면적이 매우 넓어 다양한 크기의 기판을 취급하는 주문형 기관제조 업체에서 선호하는 모델입니다.

납품처: 해군정보창, 국제통신, 신양전기 등 다수

NEW

TVX-IMT90K

2005년 3월 출시

PCB 적층시 층간 틀어짐이나 층간 신장, 신축 정도를 미크론 단위로 측정하여 적층불량을 검출하며 또한 홀핀심을 측정하여 드릴축 보정 및 데이터관리를 디지털화 하여 불량을 획기적으로 절감할 수 있는 것으로 세계 최초로 개발된 장비입니다.

납품처: 삼성전기



TVX-IM9000

실속형 마이크로 포커스 장비로 외관이 콤팩트하여 휴대용과 같은 소형 기판을 제조하는 업체나 소형 카메라 모듈 등을 제조하는 업체에서 유용하게 사용하고 있습니다.

납품처: 파워로직스(천안, 오창, 중국), 전기안전공사, 신양전기 등 다수

TVX-RP100

100% 테크밸리 기술로 개발한, 세계에서 가장 저렴한 탁상형 장비로서 BGA Rework 작업후의 검사나 소형기판검사에는 최적의 파트너입니다. 전용 소프트웨어를 통한 데이터관리와 출력기능을 Repair 라인 관리 등에 추천하고 싶은 장비입니다.

납품처: 세닉스디지털, 한화, 태양3C 등 다수



TVX-2600

국내 최초의 휴대형 엑스레이 장비로 특허와 장은기술상, 다산기술상 등을 수상한 모델로 휴대가 간편하여 보안검색이나 간단한 전기 부품의 검사에 매우 용이한 모델입니다. 배터리와 상용 전원을 겸용으로 사용하여 어느 곳에서나 간단하게 사용할 수 있는 점 또한 큰 장점입니다.

납품처: 보안업체, 군수사기관 등 다수

TVX-IL

알루미늄이나 플라스틱 사출물, 성형물 등의 내부 기포나 크랙 등의 불량검사와 역사유물의 내부 부식 상태와 형태를 검사하는데 매우 유용하여 현재, 자동차 부품업체 및 박물관 등에서 널리 활용되고 있습니다.

납품처: 국립중앙, 청주, 김해, 광주, 부여, 전주 박물관 등 다수



SHOE EYE

계화용 엑스레이 검색장비로써 구두 내부에 숨어있는 몰출된 물건을 검출해내는 장비입니다. 신사와, 여화, 부츠 힐등 육안 및 손으로 검사할 수 없는 부분까지 내부투시영상을 통하여 선명하게 검사할 수 있습니다.

납품처: 조은제화, 리더스(일본), 메트로(인도), 솔레일(미얀마) 등 다수



테크밸리의 기술연구진은 지속적인 자체 연구를 통해 신기술 개발 및 제품 기능 향상에 항상 힘쓰고 있습니다. 여러분의 의견에 항상 귀를 기울여 보다 나은 제품을 계속 생산할 것을 약속합니다. 또한 순수 국내 기술로 우수한 제품을 개발한 엑스레이 최고의 기술자들의 신속한 A/S를 보장합니다. 사용 중 문제가 발생하더라도 A/S 시간을 최소화하여 소비자 여러분의 편의와 생산 효율성을 최대화하여 드립니다.



Eyes, Hearts for the Tomorrow!

TECHVALLEY

상담전화 **031-735-5256**

www.techvalley.co.kr
462-807 경기도 성남시 중원구 상대원1동 434-7

carrier들은 고분자내 pi 결합을 따라 delocalization되어 pi 전자를 형성하게 된다.

- Carrier 완화단계: 이러한 delocalize된 carrier들은 발광층 내에서 lattice와 coupling되면서 각각 음성 polaron (electron-lattice), 양성 polaron(hole-lattice)을 형성하게 된다.

- Carrier 이동단계: 이렇게 형성된 새로운 형태의 carrier들은 각각 안정화된 위치에서 해당 에너지를 갖게 된다. 이들 carrier들은 외부에서 공급된 전기장에 의해 hopping 등을 통해 고분자 사슬을 따라 반대 전극을 향해 이동한다.

- Exciton 생성단계: 이렇게 이동하던 carrier들이 발광체 내의 어느 한 부분에서 만나 결합하여 exciton을 생성하게 된다. 이때 생성되는 exciton은 singlet과 triplet의 spin 상태를 갖게 되는데, 이때 형성된 triplet, singlet exciton의 비율은 3:1이다. triplet의 경우 효율 높은 radiation을 기대할 수 없으므로 효율의 약 75%를 잃게 되는 것이다(이러한 triplet의 존재에 대한 관측은 electroluminescence-detected electron-spin resonance와 가장 높고 낮은 triplet 사이의 광학적 transition의 측정을 통해 확인할 수 있다. 또한 이러한 재결합은 한 층으로 구성된 소자에서나 다중 layer에서 모두 일어날 수 있다).

- 발광단계: 이렇게 생성된 exciton들이 polaron 에너지 gap에 해당하는 빛을 발생하여 발광, 소멸하게 된다. 유기 EL의 경우 실질적으로 발광에 참여하는 carrier들이 PL의 경우와 무기 EL의 경우와는 달리 lattice와의 coupling에 의해 형성된 polaron들이 특징적이다.

- 발광효율: 유기 EL 소자의 실용화와 계속적인 소자 향상을 위한 연구의 목적과 밀접하게 연관되는 사항 중에 하나가 발광효율에 관한 문제이다. 발광소자의 효율은 크게 내부 양자효율과 외부 양자효율로 구분하며, 소자의 소수 carrier의 전류밀도에 의해 조절 가능하고, 외부 효율의 경우 빛 세기-전류 특성 곡선으로부터 결정된다. 우선 내부 양자효율은 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$\eta_{\text{int}} = \eta_{\text{injection}} \times \eta_{\text{recombination}} \times \eta_{\text{fluorescence}}$$

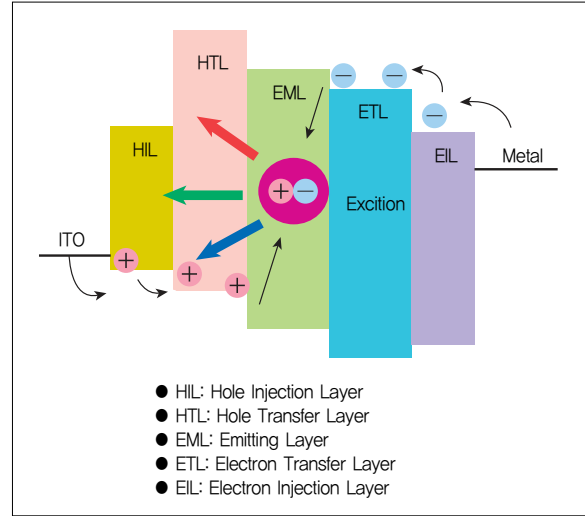


그림 1. 유기 EL 구동원리

표 1. 유기 EL의 분류

분류	장점	단점	원천기술 보유
저분자 유기 EL	조기 양산화 가능	제조공정이 복잡	Kodak
고분자 유기 EL	Flexible 기판 사용가능	재료 및 제조공정 미비	CDT
수동형 (Passive Matrix)	저 가격화	높은 구동 power	Pioneer
능동형 (Active Matrix)	고정세/대화면 제조에 적합	Multi-TFT, 고 가격화	Sanyo

표 2. 유기 EL의 특징 및 장단점

특징	장점 및 단점 (상대적 관점)
고체 소자	- 내구성과 내환경성이 우수(-30~+80℃)
자체 발광	- 휘도가 높음(>10,000cd/m²) - 효율이 높음(>15 lm/W) - 시야각이 넓음(170°) - 대조비가 우수함(100:1) - 후면 광원이 불필요함
빠른 스위칭 속도	- Video rate가 가능함
낮은 동작전압	- 배터리 구동이 가능함(5~15V)
저온 및 간단한 공정	- 유연성 있는 기판 사용가능 - 대면적 코팅이 가능
얇고 가벼운 패키지	- 휴대용 기기에 적합
짧은 구동 수명	- 정전류 구동으로 반감기가 수 백시간 정도
저 내열성	- 유기물의 유리 전이온도가 용융점이 낮다
Sunlight Readability	- 화학 및 발광소재 개발을 통해 개선 필요
Image sticking(잔상)	- 가장 시급히 해결해야 할 사항
메모리성이 없음	- TV에 불리



사진 1. 삼성전자 40인치 OLED



사진 4. Kodak의 OLED를 이용한 소형 디스플레이(PMP) 모듈

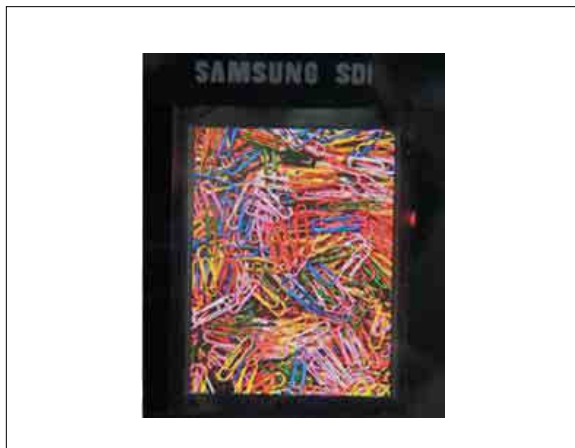


사진 2. 삼성SDI의 LITI 공정을 이용한 2.65인치 OLED

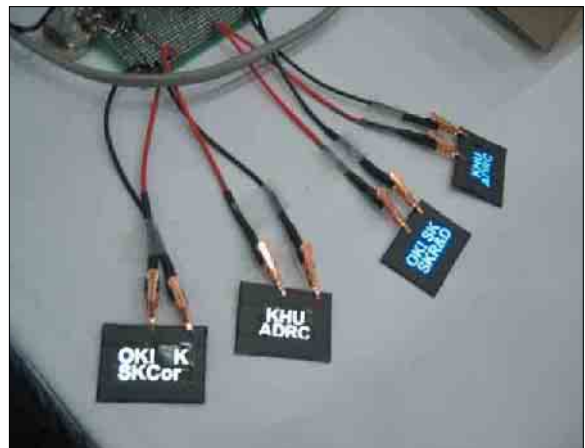


사진 5. 경희대와 SK 사가 공동으로 개발한 고분자 OLED



사진 3. 듀폰 사와 삼성전자가 개발한 14.1인치 고분자 OLED



사진 6. Osram 사의 OLED 모듈

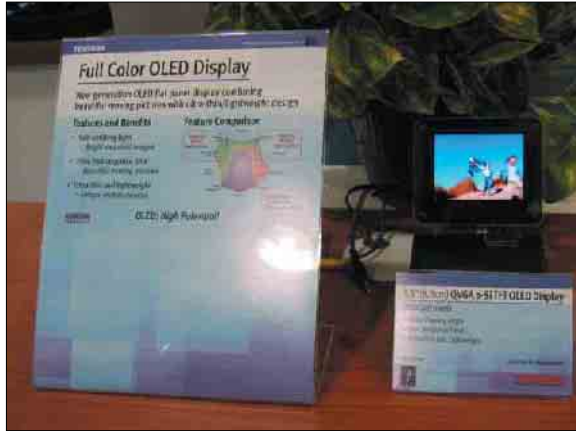


사진 7. 도시바의 P-Si TFT를 이용한 3.5인치 AMOLED



사진 9. KODAK 사가 AUDI 사와 제휴하여 자동차에 장착한 OLED



사진 8. Optrex 사의 카오디오 및 계기판용 OLED



사진 10. TOYOTA에서 개발한 White OLED

내부 양자효율은 외부 전극으로부터 주입된 carrier 수에 대한 소자 내부에서 발생한 photon 수의 비로, $\eta_{injection}$ 는 회로에 흐른 전자 수에 대한 소자 내에서 형성된 exciton의 수의 비이다.

$\eta_{recombination}$ 은 소자 내에서 형성된 exciton 수에 대해 생성된 singlet exciton 수의 비이다.

$\eta_{fluorescence}$ 는 singlet exciton 수에 대한 발광에 소요된 exciton 수의 비를 나타낸 것이다.

이들 각각의 효율을 높임으로써 전체 내부 양자효율을 높일 수 있다. $\eta_{injection}$ 의 효율을 높이기 위한 방법으로 exciton이 가 급적 발광층 내에서 많이 형성되도록 전자와 정공을 균형있게

주입해 줄 필요가 있다. 고분자 내에서 정공의 mobility가 전자보다 크므로 exciton 형성이 전자와 주입전극 가까이에서 이루어짐으로써 발광효율이 감소된다.

따라서 발광층 내에서 대부분의 재결합이 이루어지도록 하기 위해 밴드 갭이 다른 두 개 이상의 고분자를 써서 이종접합구조(heterojunction)를 이루게 해 정공의 이동을 억제함으로써 효율을 높일 수 있다. 이러한 이종접합구조는 전하 수송층을 발광층과 전극 사이에 도입함으로 제작할 수 있으며, ITO/PPV/Al에 대한 energy level과 수송층을 조합시킬 경우의 barrier 높이 변화를 통해 수송층 도입을 통한 발광효율 향상의 효과도 기대할 수 있다.

유기 EL 표기

- OLED: Organic Light Emitting Diode
- OELD: Organic Electroluminescent Display
- SOLED: Stacked OLED
- TOLED: Transparent OLED
- FOLED: Flexible OLED

유기 EL의 분류

유기 EL은 유기물층의 발광재료에 따라 단분자 유기 EL과 고분자 유기 EL로 분류할 수 있고 구동방식에 따라 수동형(PM: Passive Matrix Type)과 능동형(AM: Active Matrix Type)으로 구분된다.

유기 EL의 특징 및 장단점은 표 2에 정리한다.

OLED 기술의 현주소

이번 학회 및 전시회에서 가장 큰 관심을 받은 제품은 삼성전자의 40인치 능동형 OLED이다. 이 제품은 OLED의 대형화 가능성을 제시했다는 점에서 OLED는 물론 LCD기업들의 관심을 끌었다. 특히, 세계 최대 크기의 능동형 OLED 시제품을 개발했다는 점은 물론이고, 지금까지 능동형 OLED의 경우 대부분이 저온폴리실리콘(LTPS)을 이용한 TFT 기판을 이용하였으나, 이번에 발표한 삼성전자의 능동형 OLED는 아몰퍼스실리콘(a-Si)을 이용한 TFT를 사용하여 상당히 우수한 화질을 구현했다는 점에서 주목을 받았다.

아몰퍼스실리콘(a-Si) TFT 기술은 이미 7세대 TFT LCD 생산 라인에도 적용되고 있는 성숙된 기술이므로 OLED에도 적용 가능하다는 것이 증명되면, 단순하게 생각하여 기존의 TFT LCD 라인에서 액정 공정 관련 설비를 OLED 공정 관련 설비로 대체하고 나머지 a-Si 설비를 그대로 이용하면 바로 생산이 가능하다는 것을 의미하기 때문에 그 임팩트는 매우 크다고 할 것이다.

삼성전자 40인치 OLED는 두께가 3cm에 불과하지만, WXGA(1280×800) HD급 해상도를 지원하며, 유리판은 4세대 규격(730×920mm) 한 장을 사용했다. 최고 휘도 600니트의 화면 밝기, 5000대 1 이상의 명암비, 80% 이상의 색 재현성을

보장하며 빠른 응답특성을 통해 초고화질 동영상을 완벽하게 재현해내었다. 그 외 삼성SDI는 독자 기술인 'laser 전사(laser-induced thermal imaging: LITI)법'을 채용하여 최고 해상도(302ppi) 2.65인치 VGA급 AMOLED를 소개했다. 이 시제품은 화소수 640×480, 휘도 150cd/m², 소비전력 440mW, 명암비 1000대 1, 재료수명 1만시간의 성능을 갖는 제품이었다.

삼성전자는 듀폰 사의 고분자 재료와 자사의 backplane 공정 기술을 적용해 14.1인치급, 화소수 1280×768(정밀도 106ppi), 휘도 400cd/m², 명암비 1000대 1, bottom-emission 타입 제품을 선보였다.

다른 해보다 OLED업체의 참여율이 저조한 탓에 다소 적은 종류의 제품들이 전시되었지만, 그 중 KODAK 사는 PMP용 소형 OLED 모듈을 전시하였고, 경희대학교는 SK와 공동으로 고분자 OLED를 제작하여 전시하였다. 또한 TOSHIBA는 poly-Si를 이용한 3.5인치 QVGA급 OLED를 전시하였다. 잉크젯 기술은 Seiko Epson Co.(일본), Spectra(미국), Dupont Display(미국), Toppan Printing Co.(일본) 등이 고분자형 OLED를 발표했다. 또한 HITACHI에서는 바나듐 옥사이드를 이용, Top-Emitting OLED를 제안, 발표했다. Dainippon Screen에서는 액정, 반도체 제조장치에서 축적한 도포 기술을 활용해 미소 노즐로부터 용액을 뿜어내 균일한 박막을 형성하는 “노즐 프린팅 법”을 개발, 발표했다.

최근 가장 주목을 받고 있는 white OLED에서는 인광과 형광을 조합하여 종래의 형광소자보다 전류 효율을 1.5배 정도 높은 제품을 TOYOTA에서 전시하였다. 이는 향후 LCD-backlight를 대체할 수 있는 중요한 기술로, 현재 많은 연구들이 전세계적으로 진행되고 있다.

올 학회는 기존의 순수한 콘퍼런스와 이에 따른 전시회라는 당초 취지와 달리, LCD 업체들이 대거 불참했고 AM OLED 기업들의 참여도 저조했다. 특히 한국의 위상을 드높인 삼성전자 40인치 OLED 외에 눈에 띄는 제품들을 찾아보기 힘들었으며, 대만·일본 업체의 대거 불참이 그 간접적인 원인을 제공하기도 했다.

그러나 규모가 워낙 방대한 행사여서 전세계 디스플레이 동향을 파악할 수 있었으며, 특히 OLED의 눈부신 기술발전은 곧 우리 생활에 많은 부분을 차지하게 될 것임을 확인시켜 주었다. 